

京大防災研究所 (正) 〇余越 正一部

(正) 角屋 睦

1° wall shear もまた他の乱流量と同じように時間的平均値とそれからの変動量との和としてあらわすことができるが、wall shear の変動量に関する研究はまだない。その統計的な性質は wall に接して移動する乱子の運動のあらわれであるとみていいであろう。開水路流れには水深によって制限された最大乱子をはじめ、更にそれより小さい種々の階級の乱子が含まれており、その夫々がシアーの変動を起しているものとする、シアーの変動は一つのスぺクトルを形成するものと考えられる。wall shear のスぺクトルの研究は変動シアーの構造に関するわけわけの知識を深めるばかりでなく、ひろく乱流境界層の構造と、その中で起る種々の乱流現象に関する知識を深める上にも重要な価値をもつものと思われ。

2° 次に turbulent wall shear のスぺクトルの形を求めてみる。(記号は Landau, Lifshitz の ref. に従う)。速度変動と種々の階級の乱子速度に分解して考え、シアーの変動も乱子の運動に結びつけて考えれば、 $u_x \sim \rho V_\lambda^2$ としていいであろう。 u_x, V_λ は夫々階級入の乱子のシアーと乱子速度とを意味する。中間乱子領域 (inertial subrange) では各階級の乱子速度と乱子の大きさ λ の間には Kolmogorov-Obukhov 則 $V_\lambda^3/\lambda \sim E (\sim \text{const.})$ が成立するとして、 $u^2 \sim \rho^2 \epsilon^{2/3} \lambda^{4/3}$ となり、 $\epsilon \sim \lambda^{-5}$ なる式数を使い wall shear のスぺクトル函数は

$$\Sigma(\epsilon) \sim \rho^2 \epsilon^{4/3} \epsilon^{-7/3} \quad \text{--- (1)}$$

最大乱子より大きい領域では乱流粘性が最大乱子の乱流粘性に等しく保たれるとして、(Kármán-Liú の仮定) $V_\lambda \sim \nu_{\text{turb.}}^{(*)}$ であるから、スぺクトル函数形は次となる。

$$\Sigma(\epsilon) \sim \rho^2 \nu_{\text{turb.}}^4 \epsilon^3 \quad \text{--- (2)}$$

3° 次に測定方法について述べる。^(**) 装置は受感部を水路床と等しくなるようにサスペンションして振子構造としたもので、受感部の変位とシアーとの間には $\eta = \epsilon$ の関係がある。受感部の大き: $15\text{cm} \times 6\text{cm}$, 測定可能範囲: $10^{-2} \text{ dyn/cm}^2 \sim$, 固有振動数: 0.312 cps , 減衰減衰率: 0.256 の様な特性をもっている。受感部の運動を $\ddot{x} + 2\epsilon\dot{x} + \eta^2 x = \sigma(t)$ ($\eta, \epsilon: \text{const.}$) であらわし、 $\sigma(t)$ と $x(t)$ のスぺクトル函数を $\Sigma(\omega), \Phi(\omega)$ であらわすと

$$\Sigma(\omega) = [(\eta^2 - \omega^2)^2 + 4\epsilon^2\omega^2] \Phi(\omega) \quad \text{--- (3)}$$

の関係があり、減衰自由振動から定数を定めると、 $\epsilon = 0.367$, $\eta^2 = 3.97$ である。これにより受感部の変位のスぺクトルがわかれば、resonance や damping の係数が定まりシアーのスぺクトルが求められる。

(*) Reviews of Modern Physics 21 (49), (**) 以下は防災研年報 7号を参。

装置は巾50cm、深さ20cm、長さ39mの可変勾配鉄船水路の下流から1/3の点の水路中央に設置してある。受感部の微小変位は差動変圧器で電圧変化にかゝる変位測定器に指示する。データ解析のためにはこれを電子管式自動平衡計器に記録したものと、AD converterを通して電子計算機(PASC-1)にかけた。スペクトルの計算はTukeyの方法によった。データ読みとり間隔は Δt は最小周期の1/2以下にし、記録最長は最大乱子が少なくとも20~30回通過する時間とした。

4th 実験の一例を示す。多くの実験を行ったが、その一つを詳しく記す。

水深 $h = 6.7$ cm, 平均速度 $U_0 = 19$ cm/sec, 平均シア $\tau_0 = 0.62$ dyn/cm², データ読みとり間隔 $\Delta t = 0.3$ sec, 読みとり総数 $N = 600$, 記録長 $N\Delta t = 3$ min, 相関点数 (number of lags) $m = 20$. このときの変位(受感部)のスペクトルは Fig. 4 である。受感部の固有振動数に相当する点で共振をおこしていることがみられる。なお高周波側では、現象は受感部の大きさにもとづく周波数で切断されている。

Fig. 1 と (3) 式で修正し、無次元表示したものが Fig. 2 である。スペクトルの3乗則がよくあう領域が存在することがわかる。これは同様な実験を多数行った結果からいえることである。もっとも低周波側では速度変動スペクトルの4乗則の成立する領域に相当する領域が存在しているようでもあるが、まだはっきりしない。なお受感部の大きさにもとづく現象の切断周波数をもっと小さくするために inertial subrange での測定は全く不可能である。

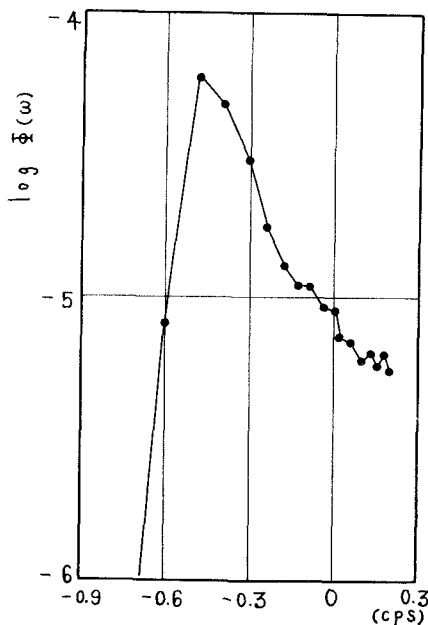


Fig. 1 $\log \omega/2\pi$

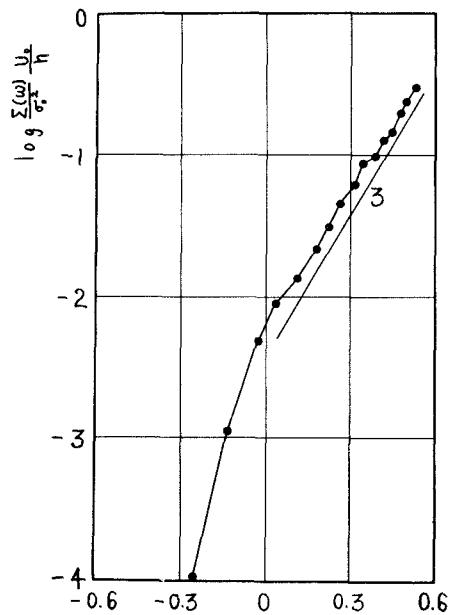


Fig. 2 $\log \omega/2\pi$